



PATENT  
ATTORNEY DOCKET NO. 03850/026001  
PATENT APPLICATION NO. 10/646,342

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant : Roland ROTH et al. Art Unit: 2859  
Serial No.: 10/646,342 Examiner:  
Filed: August 22, 2003  
Title: COORDINATE MEASURING APPARATUS FOR CONTACTING A  
WORKPIECE, TOUCH PROBE FOR A COORDINATE MEASURING  
APPARATUS AND METHOD OF OPERATING A COORDINATE  
MEASURING APPARATUS

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

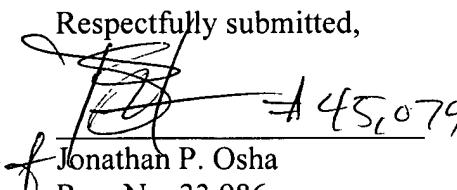
TRANSMITTAL OF PRIORITY DOCUMENT(S) UNDER 35 U.S.C. 119

Applicant hereby confirms his claim of priority under 35 U.S.C. 119 from PCT  
Application No. PCT/EP 02/01958, filed February 25, 2002 and German Application No. 101 08  
774.8, filed February 23, 2001. A certified copy of the applications from which priority is  
claimed are submitted herewith.

Please charge any fees due in this respect to Deposit Account No. 50-0591, referencing  
03850/026001.

Date: 1/20/04

Respectfully submitted,

  
Jonathan P. Osha  
Reg. No. 33,986

ROSENTHAL & OSHA L.L.P.  
1221 MCKINNEY STREET, SUITE 2800  
HOUSTON, TEXAS 77010

TELEPHONE: 713-228-8600  
FACSIMILE: 713-228-8778

60638\_1

**CERTIFICATE OF MAILING BY "EXPRESS MAIL" (37 CFR 1.10)**

Applicant(s): Roland ROTH et al.

Docket No.

03850.026001

Serial No.  
10/646,342

JAN 20 2004

Filing Date  
03/22/2003

Examiner

Group Art Unit  
2859Invention: **COORDINATE MEASURING APPARATUS FOR CONTACTING A WORKPIECE, TOUCH PROBE A COORDINATE MEASURING APPARATUS AND METHOD OF OPERATING A COORDINATE MEASURING APPARATUS**

I hereby certify that the following correspondence:

**Transmittal of Priority Documents***(Identify type of correspondence)*

is being deposited with the United States Postal Service "Express Mail Post Office to Addressee" service under 37 CFR 1.10 in an envelope addressed to: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450 on

1/20/2004  
*(Date)***Ava R. Brown***(Typed or Printed Name of Person Mailing Correspondence)*Ava R. Brown  
*(Signature of Person Mailing Correspondence)***EV403794190US***("Express Mail" Mailing Label Number)*

Note: Each paper must have its own certificate of mailing.



**Bescheinigung**

Die angehefteten Unterlagen stimmen mit der ursprünglich eingereichten Fassung der auf dem nächsten Blatt bezeichneten internationalen Patentanmeldung überein.

**Certificate**

The attached documents are exact copies of the international patent application described on the following page, as originally filed.

Les documents fixés à cette attestation sont conformes à la version initialement déposée de la demande de brevet international spécifiée à la page suivante.

Den Haag, den  
The Hague,  
La Haye, le

10.10.2003

Der Präsident des Europäischen Patentamts  
Im Auftrag  
For the President of the European Patent Office  
Le Président de l'Office européen des brevets  
p.o.

E. Speiser  
*E. Speiser*

Patentanmeldung Nr.  
Patent application n°  
Demande de brevet n°

PCT/EP 02/01958



EPA/EPO/OEB  
 D-80298 München  
 + 49 89 2399-0  
 TX 523 656 epmu d  
 FAX + 49 89 2399-4465

Europäisches  
Patentamt

European  
Patent Office

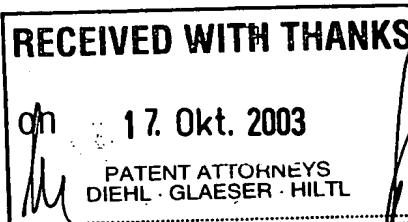
Office européen  
des brevets

Generaldirektion 2

Directorate General 2

Direction Générale 2

**Schorr, Frank, Dr.**  
 Diehl Glaeser Hiltl & Partner,  
 Augustenstrasse 46  
 80333 München  
 DE



01000074

Datum/Date

14/10/03

Zeichen/Ref./Réf.	Anmeldung Nr./Application No./Demande n°./Patent Nr./Patent No./Brevet n°.
<b>Z8549-PCT FS/OC</b>	<b>02722132.4 2213 1362216</b>
Anmelder/Applicant/Demandeur/Patentinhaber/Proprietor/Titulaire	
<b>Carl Zeiss</b>	

### Übersendung von/Transmission of/Envoi de

Antrag vom/Request dated/Requête du 23/09/03

Kopien bei Akteneinsicht nach Regel 94(3) EPÜ  
 Copies in the case of inspection of files pursuant to Rule 94(3) EPC  
 Copies en cas d'inspection publique selon la règle 94(3) CBE

Beglaubigung  
 Certification  
 Certification

1 Prioritätsbeleg(e)/priority document(s)/document(s) de priorité R. 94(4)  
 Ausfertigung(en) der Patenturkunde nach Regel 54(2) EPÜ  
 Duplicate of the patent certificate pursuant to Rule 54(2) EPC  
 Duplicata du certificat de brevet, selon la Règle 54(2) CBE

Auszug aus dem Register nach Regel 92(3) EPÜ  
 Extract from the register pursuant to Rule 92(3) EPC  
 Extrait du registre selon la Règle 92(3) CBE

Auskunft aus den Akten nach Regel 95 EPÜ  
 Communication of information contained in the files pursuant to Rule 95 EPC  
 Communication d'informations contenues dans la dossier selon la Règle 95 CBE

Akteneinsicht nach Regel 94(2) EPÜ  
 Inspection of files pursuant to Rule 94(2) EPC  
 Inspection publique selon la Règle 94(2) CBE

### Rchnung folgt/Invoice to follow/Facture suivra

unter Zugrundelegung von  
 on the basis of the following  
 sur la base suivante

Verwaltungsgebühr/Administration fee/Taxe d'administration

Kosten für Kopien/Cost of copies/Frais pour copies (\_\_\_\_\_)

Blätter)  
 pages)  
 feuilles)

Telefax

Zur Abbuchung vom laufenden Konto  
 to be debited from the deposit account  
 à débiter du compte courant

Nr.  
 No.  
 n° \_\_\_\_\_

BRYNER Y M T (TEL: 3376)



EPA/EPO/OEB  
 D-80298 München  
 + 49 89 2399-0  
 TX 523 656 epmu d  
 FAX + 49 89 2399-4465

Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets

Generaldirektion 2

Directorate General 2

Direction Générale 2

Schorr, Frank, Dr.  
 Diehl Glaeser Hiltl & Partner,  
 Augustenstrasse 46  
 80333 München  
 DE

01000074

Datum/Date

14/10/03

Zeichen/Ref./Réf.	Anmeldung Nr./Application No./Demande n°./Patent Nr./Patent No./Brevet n°.
Z8549-PCT FS/OC	02722132.4 2213 1362216
Anmelder/Applicant/Demandeur/Patentinhaber/Proprietor/Titulaire	
Carl Zeiss	

### Übersendung von/Transmission of/Envoi de

Antrag vom/Request dated/Requête du 23/09/03

Kopien bei Akteneinsicht nach Regel 94(3) EPÜ  
 Copies in the case of inspection of files pursuant to Rule 94(3) EPC  
 Copies en cas d'inspection publique selon la règle 94(3) CBE

Beglaubigung  
 Certification  
 Certification

1 Prioritätsbeleg(e)/priority document(s)/document(s) de priorité R. 94(4)  
 Ausfertigung(en) der Patenturkunde nach Regel 54(2) EPÜ  
 Duplicate of the patent certificate pursuant to Rule 54(2) EPC  
 Duplicata du certificat de brevet, selon la Règle 54(2) CBE

Auszug aus dem Register nach Regel 92(3) EPÜ  
 Extract from the register pursuant to Rule 92(3) EPC  
 Extrait du registre selon la Règle 92(3) CBE

Auskunft aus den Akten nach Regel 95 EPÜ  
 Communication of information contained in the files pursuant to Rule 95 EPC  
 Communication d'informations contenues dans la dossier selon la Règle 95 CBE

Akteneinsicht nach Regel 94(2) EPÜ  
 Inspection of files pursuant to Rule 94(2) EPC  
 Inspection publique selon la Règle 94(2) CBE

### R chnung folgt/Invoice to follow/Facture suivra

unter Zugrundelegung von  
 on the basis of the following  
 sur la base suivante

Verwaltungsgebühr/Administration fee/Taxe d'administration

Kosten für Kopien/Cost of copies/Frais pour copies (\_\_\_\_\_)

Blätter)  
pages)  
feuilles)

Telefax

Zur Abbuchung vom laufenden Konto  
 to be debited from the deposit account  
 à débiter du compte courant

Nr.  
No.  
n° \_\_\_\_\_

BRYNER Y M T (TEL:3376)

**Blatt 2 der Bescheinigung**  
**Sheet 2 of the certificate**  
**Page 2 de l'attestation**



**Anmeldung Nr.:** Application no.: Demande n°: PCT/EP 02/01958

**Anmelder:** Applicant(s): Demandeur(s): 1. Carl Zeiss - Heidenheim, Deutschland  
2. Carl-Zeiss-Stiftung trading as Carl Zeiss - Heidenheim, Deutschland  
3. ROTH, Roland - Waldstetten, Deutschland (nur US)

**Bezeichnung der Erfindung:** Title of the invention: Titre de l'invention: Koordinatenmessgerät zum Antasten eines Werkstücks, Tastkopf für ein Koordinatenmessgerät und Verfahren zum Betrieb eines Koordinatenmessgerätes

**Anmeldetag:** Date of filing: Date de dépôt: 25. Februar 2002 (25.02.2002)

**In Anspruch genommene Priorität(en)**

Priority(ies) claimed

Priority(s) revendiquée(s)

<b>Staat:</b> Stat : Pays:	<b>Tag:</b> Date: Date:	<b>Aktenzeichen:</b> File no. 101 08 774.8 Numéro de dépôt:
Deutschland	23. Februar 2001 (23.02.2001)	

**Benennung von Vertragsstaaten:** Siehe Formblatt PCT/RO/101 (beigefügt)

**Designation of contracting states:** See Form PCT/RO/101 (enclosed)

**Désignation d'états contractants:** Voir Formulaire PCT/RO/101 (ci-joint)

**Bemerkungen:**  
Remarks:  
Remarques:

**Further applicants:**

4. SEITZ, Karl - Oberkochen, Deutschland (nur US)
5. BRENNER, Kurt - Satteldorf, Deutschland (nur US)
6. BRAND, Uwe - Isernhagen, Deutschland (nur US)
7. HOFFMANN, Wolfgang - Bergfeld, Deutschland (nur US)
8. KLEINE-BESTEN, Thomas - Braunschweig, Deutschland (nur US)
9. BÜTEFISCH, Sebastian - Braunschweig, Deutschland (nur US)
10. BÜTTGENBACH, Stephanus - Sickte, Deutschland (nur US)

**Feld Nr. V BESTIMMUNG VON STAATEN**

Bitte die entsprechenden Kästchen ankreuzen; wenigstens ein Kästchen muß angekreuzt werden.

Die folgenden Bestimmungen nach Regel 4.9 Absatz a werden hiermit vorgenommen:  
**Regionales Patent**

## Regionales Patent

**AP** **ARIPO-Patent:** **GH** Ghana, **GM** Gambia, **KE** Kenia, **LS** Lesotho, **MW** Malawi, **MZ** Mosambik, **SD** Sudan, **SL** Sierra Leone, **SZ** Swasiland, **TZ** Vereinigte Republik Tansania, **UG** Uganda, **ZM** Sambia, **ZW** Simbabwe und jeder weitere Staat, der Vertragsstaat des Harare-Protokolls und des PCT ist (*falls eine andere Schutzrechtsart oder ein sonstiges Verfahren gewünscht wird, bitte auf der gepunkteten Linie angeben*) .....

**EA** **Eurasisches Patent:** **AM** Armenien, **AZ** Aserbaidschan, **BY** Belarus, **KG** Kirgisistan, **KZ** Kasachstan, **MD** Republik Moldau, **RU** Russische Föderation, **TJ** Tadschikistan, **TM** Turkmenistan und jeder weitere Staat, der Vertragsstaat des Eurasischen Patentübereinkommens und des PCT ist

**EP** **Europäisches Patent:** **AT** Österreich, **BE** Belgien, **CH & LI** Schweiz und Liechtenstein, **CY** Zypern, **DE** Deutschland, **DK** Dänemark, **ES** Spanien, **FI** Finnland, **FR** Frankreich, **GB** Vereinigtes Königreich, **GR** Griechenland, **IE** Irland, **IT** Italien, **LU** Luxemburg, **MC** Monaco, **NL** Niederlande, **PT** Portugal, **SE** Schweden, **TR** Türkei und jeder weitere Staat, der Vertragsstaat des Europäischen Patentübereinkommens und des PCT ist

**OA** **OAPI-Patent:** **BF** Burkina Faso, **BJ** Benin, **CF** Zentralafrikanische Republik, **CG** Kongo, **CI** Côte d'Ivoire, **CM** Kamerun, **GA** Gabun, **GN** Guinea, **GQ** Äquatorialguinea, **GW** Guinea-Bissau, **ML** Mali, **MR** Mauretanien, **NE** Niger, **SN** Senegal, **TD** Tschad, **TG** Togo und jeder weitere Staat, der Vertragsstaat der OAPI und des PCT ist (*falls eine andere Schutzrechtsart oder ein sonstiges Verfahren gewünscht wird, bitte auf der gepunkteten Linie angeben*) .....

**Nationales Patent** (falls eine andere Schutzrechtsart oder ein sonstiges Verfahren gewünscht wird, bitte auf der gepunkteten Linie angeben):  AE Vereinigte Arabische Emirate  ...

AE Vereinigte Arabische Emirate

AG Antigua und Barbuda

AL Albanien

AM Armenien

AT Österreich

AU Australien

AZ Aserbaidschan

BA Bosnien-Herzegowina

BB Barbados

BG Bulgarien

BR Brasilien

BY Belarus

BZ Belize

CA Kanada

CH & LI Schweiz und Liechtenstein

CN China

CO Kolumbien

CR Costa Rica

CU Kuba

CZ Tschechische Republik

DE Deutschland

DK Dänemark

DM Dominica

DZ Algerien

EC Ecuador

EE Estland

ES Spanien

FI Finnland

GB Vereinigtes Königreich

GD Grenada

GE Georgien

GH Ghana

GM Gambia

HR Kroatiens

HU Ungarn

ID Indonesien

IL Israel

IN Indien

IS Island

JP Japan

KE Kenia

KG Kirgisistan

KP Demokratische Volksrepublik Korea

KR Republik Korea

KZ Kasachstan

LC Saint Lucia

LK Sri Lanka

LR Liberia

LS Lesotho

LT Litauen

LU Luxemburg

LV Lettland

MA Marokko

MD Republik Moldau

MG Madagaskar

MK Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien

MN Mongolei

MW Malawi

MX Mexiko

MZ Mosambik

NO Norwegen

NZ Neuseeland

OM Oman

PH Philippinen

PL Polen

PT Portugal

RO Rumänien

RU Russische Föderation

SD Sudan

SE Schweden

SG Singapur

SI Slowenien

SK Slowakei

SL Sierra Leone

TJ Tadschikistan

TM Turkmenistan

TN Tunesien

TR Türkei

TT Trinidad und Tobago

TZ Vereinigte Republik Tansania

UA Ukraine

UG Uganda

US Vereinigte Staaten von Amerika

UZ Usbekistan

VN Vietnam

YU Jugoslawien

ZA Südafrika

ZM Sambia

ZW Simbabwe

Kästchen für die Bestimmung von Staaten, die dem PCT nach der Veröffentlichung dieses Formblatts beigetreten sind.

**Erklärung bzgl. vorsorglicher Bestimmungen:** Zusätzlich zu den oben genannten Bestimmungen nimmt der Anmelder nach Regel 4.9 Absatz b auch alle anderen nach dem PCT zulässigen Bestimmungen vor mit Ausnahme der im Zusatzfeld genannten Bestimmungen, die von dieser Erklärung ausgenommen sind. Der Anmelder erklärt, daß diese zusätzlichen Bestimmungen unter dem Vorbehalt einer Bestätigung stehen und jede zusätzliche Bestimmung, die vor Ablauf von 15 Monaten ab dem Prioritätsdatum nicht bestätigt wurde, nach Ablauf dieser Frist als vom Anmelder zurückgenommen gilt. (Die Bestätigung (einschließlich der Gebühren) muß beim Anmeldeamt innerhalb der Frist von 15 Monaten eingehen.)

Koordinatenmeßgerät zum Antasten eines Werkstücks,  
Tastkopf für ein Koordinatenmeßgerät und  
Verfahren zum Betrieb eines Koordinatenmeßgerätes

---

5

Die Erfindung betrifft ein Koordinatenmeßgerät mit einem Taststift zum Antasten eines Werkstücks. Ferner betrifft die Erfindung einen Tastkopf für ein Koordinatenmeßgerät, wobei der Tastkopf zur Halterung des Taststiftes und zur Registrierung eines Kontakts zwischen Taststift und Werkstück vorgesehen ist. Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Antasten eines Werkstücks mittels eines Koordinatenmeßgerätes.

15

Herkömmliche Koordinatenmeßgeräte weisen eine Werkstückhalterung zur Anbringung eines zu vermessenden bzw. anzutastenden Werkstücks und einen bezüglich der Werkstückhalterung räumlich verfahrbaren Tastkopf auf. An dem Tastkopf ist ein Taststift in einer Ruhelage bezüglich des Tastkopfes gehaltert, wobei der Tastkopf Auslenkungen des Taststiftes aus seiner Ruhelage registriert. Zur Bestimmung von Koordinaten einer Oberfläche des Werkstücks wird der Tastkopf bezüglich der Werkstückhalterung räumlich verfahren, bis eine Spalte des Taststiftes mit der Oberfläche des Werkstücks in Berührungskontakt kommt. Hierzu wird die Spalte des Taststiftes so lange auf die Oberfläche des Werkstücks zubewegt, bis die Berührung des Werkstücks durch die Tastspitze von dem Tastkopf über eine Auslenkung der Tastspitze aus ihrer Ruhelage registriert wird. Sodann werden die Relativposition des Tastkopfes bezüglich der Werkstückhalterung und damit die Koordinaten der Werkstückoberfläche in einem wählbaren Koordinatensystem ermittelt. Es können auf ähnliche Weise weitere Koordinaten von Oberflächenpunkten des Werkstücks ermittelt werden.

Im Hinblick auf eine schnelle Abtastung der Werkstückoberflächen sollte eine Annäherung der Tastspitze an die Werkstückoberfläche durch eine schnelle Relativbewegung zwischen Tastkopf und Werkstückhalterung erfolgen. Allerdings muß diese 5 Annäherung auch vorsichtig erfolgen, um zu vermeiden, daß Komponenten des Tastkopfes und der Tastspitze beschädigt werden, wenn die Bewegung des Tastkopfes relativ zu dem Werkstück beim Kontakt mit demselben nicht schnell genug gebremst werden kann.

10

Deshalb erfolgt die Annäherung der Tastspitze an das Werkstück unter Beobachtung eines Benutzers, der mit dem Auge die Annäherung der Tastspitze an das Werkstück registrieren und daraufhin die Annäherungsgeschwindigkeit verzögern kann. 15 Ferner wählt der Benutzer auch mit dem Auge die Oberflächen- teile bzw. Geometrieelemente des Werkstücks aus, welche aktuell angetastet werden sollen. Hierzu blickt der Benutzer bei herkömmlichen Koordinatenmeßgeräten mit seinem Auge unmit- telbar auf die Tastspitze und das Werkstück.

20

Bei miniaturisierten Werkstücken und komplizierten Werkstück- geometrien ist die direkte Beobachtung von Tastspitze und Werkstückoberfläche für den Benutzer unter Umständen mühsam oder gar unmöglich.

25

Aus EP 0 614 517 B1 ist ein Koordinatenmeßgerät bekannt, bei dem der Benutzer nicht mit dem freien Auge auf Tastspitze und Werkstück blickt, sondern hierzu auf einen Monitor blickt, der ein Bild der Umgebung der Tastspitze darstellt. Zur Auf- nahme des Monitorbildes trägt das Koordinatenmeßgerät neben 30 dem Tastkopf eine Kamera mit einem Objektiv, welche relativ zueinander derart ausgerichtet sind, daß die Kamera ein Bild der Tastspitze und des Bereichs der Werkstückoberfläche lie- fert, an dem sich die Tastspitze annähert.

35

Es hat sich gezeigt, daß sich der Aufbau dieses bekannten Koordinatenmeßgerätes an bestimmte Anwendungen nicht befriedigend anpassen läßt.

5 Demgemäß ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Koordinatenmeßgerät mit einer Beobachtungsoptik zum Beobachten der Tastspitze vorzuschlagen, welches für weitere Anwendungsformen geeignet ist.

10 Ferner ist es eine Aufgabe der Erfindung einen Tastkopf für ein solches Koordinatenmeßgerät vorzuschlagen. Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist es, einen solchen Tastkopf vorzuschlagen, der eine zuverlässige Beobachtung der Tastspitze oder/und eine stärkere Miniaturisierung des Tastkopfes ermöglicht. Ferner ist es eine Aufgabe der Erfindung, ein entsprechendes Verfahren zum Antasten eines Werkstückes anzugeben.

20 Die Erfindung geht hierzu aus von einem Tastkopf mit einem Tastkopfchassis, welches eine tragende Struktur für Komponenten des Tastkopfes bildet und an dem Koordinatenmeßgerät fest anbringbar ist. Hierbei ist an dem Tastkopf ferner eine Taststifthalterung vorgesehen, an welcher ein Taststift zur Anstellung des Werkstückes anbringbar ist und welche bezüglich des Tastkopfchassis aus einer Ruhelage auslenkbar ist. Zur Erfassung einer Auslenkung der Taststifthalterung bezüglich des Tastkopfchassis ist ein Auslenkungsmeßsystem vorgesehen, und um einem Benutzer die Beobachtung der Taststiftspitze oder/und einer Umgebung der Taststiftspitze sowie eine Annäherung der Taststiftspitze an das Werkstück zu ermöglichen, ist an dem Chassis ferner eine Beobachtungsoptik angebracht.

35 Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß die Anbringung von Beobachtungsoptik und Tastkopf nebeneinander bei dem vorangehend beschriebenen herkömmlichen Koordinatenmeßgerät

zu geometrischen Einschränkungen führt und insbesondere eine Miniaturisierung des Systems aus Tastkopf und Beobachtungsoptik erschwert. Der Erfindung liegt deshalb die Idee zugrunde, die Beobachtungsoptik in den Tastkopf zu integrieren, so daß 5 die Beobachtungsoptik durch den Tastkopf "hindurchschaut".

Die Beobachtungsoptik ist dabei so ausgelegt, daß sie auch eine Umgebung der Taststiftspitze abbildet. Hierbei weist der abgebildete Bereich in der Objektebene der Beobachtungsoptik 10 einen Durchmesser auf, der größer ist als ein Durchmesser eines an der Tastspitze zur Berührung des Werkstücks vorgesehenen Berührkörpers. Der Durchmesser des abgebildeten Bereichs ist hierbei vorzugsweise ein Vielfaches des Durchmessers des Berührkörpers, insbesondere mehr als ein Fünffaches, 15 Zehnfaches oder stärker bevorzugt gar mehr als ein Zwanzigfaches hiervon.

Die Abbildungsoptik ist ferner derart ausgelegt, daß sie ein kontrastreiches Bild eines Werkstücks gewinnen kann, wenn 20 dieses in die Nähe der Taststiftspitze gelangt. Gegebenenfalls ist hierzu auch eine Beleuchtungseinrichtung bereitzustellen, um das Werkstück in der Umgebung der Taststiftspitze zu beleuchten, wobei diese Beleuchtung auch durch die Beobachtungsoptik selbst hindurch erfolgen kann.

Der erfindungsgemäße Tastkopf zeichnet sich dann dadurch aus, daß ein Querträger, also eine tragende Komponente des Tastkopfes, welche sich quer zur Erstreckungsrichtung des Taststiftes erstreckt, im Strahlengang der Beobachtungsoptik 25 liegt. Diese sich quer erstreckende tragende Komponente kann insbesondere in dem Kraftfluß zwischen der Taststifthalterung und dem Koordinatenmeßgerät und insbesondere in dem Kraftfluß zwischen Taststifthalterung und Chassis liegen und Teil der Taststifthalterung oder/und des Chassis oder/und einer weiteren 30 zwischen Chassis und Taststifthalterung vorgesehenen Komponente sein.

Daß die sich quer erstreckende tragende Komponente im Strahlengang der Beobachtungsoptik angeordnet ist, bedeutet hier, daß Linien des geometrischen Strahlengangs zwischen einer Fokalebene der Beobachtungsoptik, in der beispielsweise die Taststiftspitze anordenbar ist, und einer Eintrittslinse der Beobachtungsoptik diese sich quer erstreckende Komponente schneiden. Es ist dieser Querträger somit prinzipiell dazu geeignet, die Bildebene der Beobachtungsoptik wenigstens teilweise zu verdecken. Um gleichwohl die gewünschte Beobachtungsmöglichkeit durch die Beobachtungsoptik zu gewährleisten, ist der Querträger deshalb wenigstens bereichsweise lichtdurchlässig ausgebildet.

Mittels der Beobachtungsoptik soll somit zum einen die Spitze des Taststiftes und zum anderen eine Umgebung derselben beobachtbar sein. Hierzu ist die Beobachtungsoptik auf eine Länge des Taststiftes, und damit beispielsweise auf einen Abstand zwischen dem Querträger und der Spitze des Taststiftes, abgestimmt, und zwar derart, daß die Spitze des Taststiftes in der Nähe einer Objektebene der Beobachtungsoptik liegt. Insbesondere ist dies dann der Fall, wenn für einen Betrag eines Verhältnisses von einem ersten Abstand  $D_1$  zwischen dem Querträger und der Objektebene zu einem zweiten Abstand  $D_2$  zwischen dem Querträger und der Spitze des Taststiftes in einem Bereich von 0,5 bis 2,0, vorzugsweise 0,75 bis 1,4 und weiter bevorzugt 0,85 bis 1,2 liegt.

Dies wird vorzugsweise dadurch erreicht, daß der Querträger selbst aus einem strahlungstransparenten Material gefertigt ist. Besonders bevorzugt ist es hierbei, den Querträger selbst aus Glas zu fertigen.

Alternativ ist es hierzu vorzugsweise ebenfalls möglich, den Querträger mit einer oder mehreren Ausnehmungen derart zu versehen, daß seine tragende Funktion einerseits erhalten

bleibt und andererseits ausreichend Durchtrittsmöglichkeiten für Strahlung zwischen der Objektebene und einer Eintritts-  
5 linse der Beobachtungsoptik geschaffen sind. Der Querträger kann hierzu durch mehrere Materialstreifen gebildet sein, zwischen denen Lücken zum Lichtdurchtritt vorgesehen sind, der Querträger kann als ein Netz oder Gitter ausgebildet sein, er kann als perforierte Fläche ausgebildet sein, oder seine die tragende Funktion bereitstellenden Komponenten können so schmal ausgebildet sein, daß eine ausreichend große  
10 Fläche für den Lichtdurchtritt verbleibt.

15 Vorteilhafterweise fallen eine optische Hauptachse der Beob-  
achtungsoptik und eine Längsachse des Taststiftes im wesent-  
lichen zusammen. Die Blickrichtung des Benutzers auf das  
Werkstück ist damit gleich der Erstreckungsrichtung des Tast-  
stiftes.

20 Vorzugsweise liegt hierbei auch der Teil der Taststifthalte-  
rung, an welcher der Fuß des Taststiftes unmittelbar ange-  
bracht ist, auf oder nahe der Hauptachse der Beobachtungsop-  
tik, wobei dann, gesehen in dieser Hauptachse, um den Fuß des  
Taststiftes herum eine ausreichende Fläche an Ausnehmungen  
bzw. transparenten Körpern vorgesehen ist, um den Blick auf  
die Tastspitze zu ermöglichen.

25 Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist der  
Querträger elastisch deformierbar und als eine Komponente  
ausgebildet, die die Grundkörper von Chassis und Taststift-  
halterung elastisch miteinander verbindet. Der Querträger  
30 kann dann dazu vorgesehen sein, die Ruhelage der Taststift-  
halterung bezüglich des Tastkopfchassis festzulegen und auch  
eine Rückstellkraft gegenüber Auslenkungen aus dieser Ruhela-  
ge bereitzustellen.

35 Im Hinblick auf eine Miniaturisierung der Anordnung und auf  
wohldefinierte Rückstellkräfte sind der Querträger und Kompo-

nenten des Tastkopfchassis und der Taststifthalterung integral aus einem Materialblock gefertigt.

5 Der Materialblock ist vorzugsweise ein Einkristall, beispielsweise aus Silizium, wobei vorteilhafterweise Ätztechniken zur Fertigung der gewünschten Gestalt der Komponenten eingesetzt werden.

10 Das Auslenkungsmeßsystem ist hierbei vorzugsweise derart realisiert, daß es elastische Deformationen des Querträgers oder/und von Bereichen des Tastkopfchassis oder der Taststifthalterung registriert. Hierzu sind vorzugsweise Dehnmeßstreifen vorgesehen, welche bereichsweise an dem Querträger oder/und Bereichen des Tastkopfchassis oder/und der Taststifthalterung vorgesehen sind, wobei die Meßstreifen auch in 15 diese Komponenten integriert sein können.

20 Die Erfindung sieht ferner ein Koordinatenmeßgerät vor, welches den vorangehend beschriebenen Tastkopf aufweist, und weiter sieht die Erfindung ebenfalls ein Verfahren zum Antasten eines Werkstückes vor, bei dem einem Benutzer der Blick auf die Taststiftspitze bzw. das anzutastende Werkstück durch die in den Tastkopf integrierte Beobachtungsoptik ermöglicht wird.

25

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Zeichnungen näher erläutert. Hierbei zeigt:

30 Figur 1 eine schematische Darstellung eines Koordinatenmeßgerätes,

Figur 2 eine schematische Darstellung eines Tastkopfes des Koordinatenmeßgerätes der Figur 1 im Schnitt,

35 Figur 3 eine Darstellung des Tastkopfes der Figur 2, geschnitten entlang einer Linie III-III der Figur 2,

Figur 4 eine weitere Ausführungsform eines Tastkopfes für das Koordinatenmeßgerät der Figur 1,

5 Figur 5 eine Darstellung einer Komponente des Tastkopfes der Figur 4 in Draufsicht,

10 Figur 6 die in Figur 5 gezeigte Komponente in einer Schnittdarstellung entlang einer Linie VI-VI der Figur 5,

15 Figur 7 eine Darstellung der Komponente der Figuren 5 und 6 mit montiertem Taststift und Auslenkung aus der Ruhelage,

20 Figur 8 eine der Figur 7 entsprechende Darstellung mit einer anderen Auslenkung aus der Ruhelage,

Figur 9 eine Variante der in Figur 5 dargestellten Komponente,

25 Figur 10 eine weitere Variante der in Figur 5 dargestellten Komponente und

Figur 11 ein Detail der Figur 10.

Die Figur 1 zeigt ein erfindungsgemäßes Koordinatenmeßgerät 1 mit einem Sockel 3 und einem daran angebrachten Stativ 5, an dem eine Tastkopfhalterung 7 in Vertikalrichtung (z-Richtung) verschiebbar gehalten ist. Die Tastkopfhalterung 7 trägt einen Tastkopf 9, an dem ein Taststift 11 gehalten ist. Auf dem Sockel 3 ist ein Verschiebetisch 13 vorgesehen, der eine Werkstückhalterung 15 in der Horizontalebene (x-Richtung, y-Richtung) verschiebbar trägt. Auf der Werkstückhalterung 15 ist ein Werkstück 17 angebracht, welches durch das

Koordinatenmeßgerät 1 vermessen werden soll. Hierzu verfährt ein Benutzer den Tastkopf 9 so lange, bis eine Spitze 19 des Taststiftes 11 in Kontakt mit einer gewünschten Stelle auf der Oberfläche des Werkstücks 17 gelangt. Sobald die Taststiftspitze 19 in Kontakt mit dem Werkstück 17 gelangt, wird der Taststift 11 aus seiner Ruhelage an dem Tastkopf ausgelenkt, und diese Auslenkung wird von dem Koordinatenmeßgerät registriert, worauf es die Koordinaten x, y, z des Berührpunktes zwischen Werkstück 17 und Taststiftspitze 19 registriert.

Um eine vorsichtige Annäherung der Taststiftspitze 19 an das Werkstück 17 durchzuführen und eine Beschädigung des Taststiftes 11 bei der Annäherung an das Werkstück 17 zu vermeiden, beobachtet der Benutzer die Tastspitze 19 während der Annäherung oder in Pausen zwischen Annäherungsschritten durch eine Beobachtungsoptik 21, von der Komponenten in dem Tastkopf 9 angeordnet und in Figur 1 nicht dargestellt sind. In Figur 1 dargestellt ist ein Okular 23 der Beobachtungsoptik sowie eine Kamera 25 derselben.

Die Figuren 2 und 3 zeigen den Tastkopf 9 im Detail. Der Tastkopf 9 umfaßt eine Tastkopfchassis 27 aus einem Rohr 29 mit Rechteckquerschnitt sowie einer an einem Stirnende 31 des Rohrs 29 angebrachten Grundplatte 33. Das dem Stirnende 31 entgegengesetzte Ende des Rohrs 29 ist fest an der Tastkopfhalterung 7 des Koordinatenmeßgerätes 1 angebracht, womit auch das Chassis 27 fest an dem Tastkopfträger 7 gehaltert ist.

Die im Betrieb des Koordinatenmeßgerätes 1 horizontal ausgerichtete Grundplatte 33 weist eine zentrale quadratische Ausnehmung 35 auf, deren Umfangswände mit Abstand von Innenwänden des Rohrs 29 angeordnet sind. Auf einer Oberseite 37 der Grundplatte 33 liegt eine Glasplatte 39 in Horizontalrichtung verschiebbar auf. Um einen Reibwiderstand gegenüber

Verschiebung der Glasplatte 39 relativ zu der Grundplatte 33 zu vermindern, ist zwischen der Grundplatte 33 und der Glasplatte 39 ein Ölfilm 41 vorgesehen, der sich ringförmig um die Ausnehmung 35 herum erstreckt.

5

Die Glasplatte 39 ist auf der Grundplatte 33 und innerhalb des Rohres 29 mittels Federn 43 in einer zentralen Ruhestellung gehalten, wobei eine jede Feder 43 mit ihrem einen Ende in einer Ecke des Rohrs 29 an der Grundplatte 33 und mit ihrem anderen Ende an einer entsprechenden oberen Ecke der Glasplatte 39 festgemacht ist.

Gegen eine Rückstellkraft der Federn 43 ist die Glasplatte 39 horizontal aus ihrer Ruhestellung heraus verlagerbar, wobei 15 vier Anschläge 45 diese horizontale Verlagerung beschränken. Die Anschläge 45 sind als Klötzchen ausgebildet, die mit ihren Unterseiten auf der Grundplatte 33 aufliegen und mit ihren Seiten an den Innenwänden des Rohrs 29 anliegen, wobei die Anschläge 45 jeweils mittig an den Innenwänden des Rohrs 20 angeordnet sind.

Im Zentrum der Glasplatte 39 ist eine Bohrung 45 von der Unterseite der Glasplatte 39 her eingebracht, in welche ein Ende bzw. ein Fuß eines Taststiftes 47 eingeklebt ist. An dem 25 anderen nicht an der Glasplatte 39 festgemachten Ende des Taststiftes 47 trägt dieser eine Rubinkugel 49, welche die Tastspitze des Koordinatenmeßgerätes 1 bildet und welche zum Antasten des Werkstücks 17 in Berührungs kontakt mit dessen Oberfläche zu bringen ist.

30

Gelangt die Tastspitze 49 durch Verfahren des Tastkopfes 9 relativ zu dem Werkstück 17 in seitlichen Kontakt mit dessen Oberfläche, so resultiert daraus eine Andruckkraft, welche entgegen der Wirkung der Federn 43 zu einer horizontalen 35 Verlagerung der Glasplatte 39 aus ihrer Ruhelage bezüglich des Chassis 27 des Tastkopfes 9 führt.

Die Auslenkung der Platte 39 aus der Ruhelage ist mittels eines Auslenkungsmeßsystems 51 bestimmbar. Dieses umfaßt zwei Sensorträger 53, welche jeweils mittig an zwei benachbarten Seitenwänden des Rohrs 29 festgemacht sind und horizontal über die Glasplatte 39 ragen. Ein jeder Sensorträger 53 trägt an seiner Unterseite einen optischen Sensor 55 derart, daß er mit geringem Abstand über der Oberfläche der Glasplatte 39 angeordnet ist. Auf der Oberseite der Glasplatte 39 sind in Bereichen unterhalb der Sensoren 55 Strichmarkierungen 57 vorgesehen, welche jeweils von den Sensoren 55 optisch abgetastet werden. Eine Verlagerung der Glasplatte 39 und damit der Strichmarkierungen 57 wird von den Sensoren 55 erfaßt und in ein entsprechendes Meßsignal umgewandelt, worüber eine zentrale Steuerung des Koordinatenmeßgerätes 1 die Auslenkung der Glasplatte 39 aus der Ruhelage dem Werte nach erfassen kann.

Die Beobachtungsoptik 21 umfaßt neben dem Okular 23 und dem Kameraaufsatz 25 (Figur 1) noch ein Objektiv 61, welches über eine im Inneren des Rohrs 29 festgemachte Verschiebehalterung 63 an dem Chassis 27 gehalten ist. Hierbei ist das Objektiv 61 bezüglich des Chassis 27 in z-Richtung durch einen Antrieb verlagerbar, der eine an dem Objektiv 61 festgelegte Zahnsstange 65 und ein darin eingreifendes von außen betätigbares Antriebsritzel 67 umfaßt.

Das Objektiv 61 umfaßt eine dem Okular 23 zuweisende Austrittslinse 69 und eine der Tastspitze 49 zuweisende Eintrittslinse 71, welche innerhalb des Rohrs 29 und oberhalb der Glasplatte 39 angeordnet ist. Der Antrieb 65, 67 dient dazu, die Lage einer Objektebene 83 des Objektives 61 auf eine Länge des gerade eingesetzten Taststiftes 47 einzustellen, wobei ein Benutzer die Position des Objektives 61 in z-Richtung derart einstellen wird, daß die Objektebene 83 im Bereich der Tastspitze 49 oder etwas darunter angeordnet ist.

Die Betrachtung der Objektebene bzw. der Tastspitze 49 erfolgt mit dem Objektiv 61 durch die Glasplatte 39 hindurch. Hierbei sind Teile des Taststiftes und bei der Ausführungsform gemäß Figur 2 der gesamte Taststift 47 und sein Fuß 45, der an der Glasplatte 39 festgelegt ist, innerhalb des Strahlenganges des Objektives 61 angeordnet. Dies wird auch daraus ersichtlich, daß Randstrahlen des Strahlenganges, d.h. Strahlen die am weitesten dezentral in die Eintrittslinse 71 des Objektives 61 eintreten und die in den Figuren 2 und 3 mit dem Bezugszeichen 69 versehen sind, den Taststift 47 und den Ort 45, an dem dieser an der Glasplatte 39 gehaltert ist, in der x-y-Ebene umgreifen. Obwohl Strukturen und nicht durchsichtige Komponenten des Tastkopfes 9, wie etwa der Fuß 45 des Taststiftes 74, innerhalb des Strahlenganges des Objektives 61 angeordnet sind und Eingangsstrahlen des Objektives teilweise abschatten, liefert das Objektiv 61 gleichwohl ein für den Beobachter gut erkennbares Bild der Objektebene des Objektives.

20

In Figur 2 ist schematisch weiter noch eine Beleuchtung 70 zur Beleuchtung einer Umgebung der Taststiftspitze 49 dargestellt.

25

Insgesamt ist mit der Anordnung des Objektives 61 innerhalb des Chassis 27 derart, daß tragende Strukturen von dem Strahlengang des Objektives durchsetzt werden, ein kompakter Aufbau für einen Tastkopf mit Beobachtungsoptik geschaffen. Die tragende Struktur, die von dem Strahlengang durchsetzt wird, ist die Glasplatte 39, welche die Funktion einer bezüglich des Chassis aus einer Ruhelage verlagerbaren Taststifthalterung übernimmt.

35

Nachfolgend werden Varianten der Erfindung erläutert. Hierbei sind ihrer Funktion einander entsprechende Komponenten mit den Bezugszahlen der Figuren 1 bis 3, zur Unterscheidung

jedoch mit einem zusätzlichen Buchstaben versehen. Zur Erläuterung wird auf die gesamte vorangehende Beschreibung Bezug genommen.

5 Figur 4 zeigt einen Tastkopf 9a mit einem Chassis 27a, welches an einem Koordinatenmeßgerät anbringbar ist, wie es beispielsweise in Figur 1 gezeigt ist. Das Chassis 27a weist als Haltestruktur für weitere Komponenten ein Rohr 29a auf, welches in seinem Inneren ein Objektiv 61a mit einer einer Objektebene 83a zuweisenden Eingangsseite 77 und einer dieser gegenüberliegenden Ausgangsseite 79 aufweist, an welche direkt eine Kamera 81 angeschlossen ist.

10 15 In der Objektebene 83a ist eine Spitze 49a eines Taststiftes 47a angeordnet, welcher mit seinem anderen Ende 45a an einem Sensorsystem 85 befestigt ist.

20 Das Sensorsystem 85 ist ebenfalls an dem Chassis 27a gehalten, indem an dem vorderen Ende des Rohrs 29a eine Distanzhülse 87 angebracht ist, welche eine ringförmige Halterung 89 für das Sensorsystem 85 trägt und dieses derart vor dem Objektiv 61a anordnet, daß die Erstreckungsrichtung des Taststiftes 47a mit der optischen Achse 62a des Objektives 61a im wesentlichen zusammenfällt.

25 Das Sensorsystem 85 ist in den Figuren 5 und 6 im Detail dargestellt.

30 Es umfaßt einen Körper 87 aus einem Silizium-Einkristall, dessen (100)-Ebene in der Zeichenebene der Figur 5 liegt, und die Struktur des Siliziumkörpers 87 wurde aus einem Vollkörper durch Ätzen gefertigt.

35 Ein Außenumfang des Siliziumteils 87 ist durch ein quadratisches Rahmenteil 89 gebildet. Bei dem hier beschriebenen Ausführungsbeispiel weist das Rahmenteil eine Kantenlänge 1

von 6mm auf, und eine Profildicke D des Rahmens 89 beträgt 0,5mm. Es können jedoch auch größere oder kleinere Abmessungen für das Rahmenteil eingesetzt werden.

5 Eine Taststifthalterung 91 ist zentral in dem Rahmen 89 an vier Streifen 93 aufgehängt, die sich jeweils mittig an Seiten des Rahmens 89 nach innen erstrecken (in der Draufsicht der Figur 5). Beidseits eines jeden Haltestreifens 93 ist eine Ausnehmung 95 vorgesehen, welche den Durchtritt von 10 Lichtstrahlen aus der Objektebene 83a zu der Eintrittsseite 77 des Objektives 61a erlauben. Eine jede Ausnehmung 95 ist in der Zeichenebene der Figur 5 durch zwei Seiten des Rahmens 89, durch zwei Streifen 93 und die Taststifthalterung 91 begrenzt.

15

Die Streifen 93 weisen bei dem beschriebenen Ausführungsbeispiel im Vergleich zu der Profildicke D des Rahmens 89 eine wesentlich geringere Dicke d von 30 $\mu$ m und damit bereits bei vergleichsweise geringen Biegekräften eine merkliche elastische Deformierbarkeit auf. Somit ist die Taststifthalterung 91 über die Streifen 93 in dem Rahmen 89 in einer Ruhelage gehalten, aus der sie elastisch auslenkbar ist. Auch für die Dicke d können größere oder kleinere Werte eingesetzt werden.

25 Der Taststift 47a weist einen auf der Taststifthalterung 91 aufgeklebten Fuß 97 mit einem Durchmesser von 1mm auf, in den ein Schaft 99 mit einer Dicke von 0,2mm und einer Länge von 8mm eingesteckt ist und dessen Ende die Rubinkugel 49a mit einem Durchmesser 0,3mm trägt. Auch hier sind die Abmessungen 30 des Taststifts 47a lediglich beispielhaft angegeben, und es können auch andere Werte eingesetzt werden.

35 Auf einer von der Tastspitze 49a wegweisenden Fläche eines jeden Streifens 93 sind zwei Dehnmeßstreifen bzw. Piezowiderstände aufgebracht, nämlich ein Widerstand 101, der sich von einem dem Streifen 93 nahen Bereich des Rahmens 89 bis in

5 einen dem Rahmen 89 nahen Bereich des Streifens 93 erstreckt, und einen weiteren Widerstand 103, der sich von einem der Taststifthalterung 91 nahen Bereich des Streifens 93 bis in einen dem Streifen 93 nahen Bereich der Taststifthalterung 91 erstreckt. Mit diesen insgesamt 8 Dehnmeßstreifen 101, 103, deren elektrische Verschaltung in den Figuren 5 und 6 nicht dargestellt ist, kann die Auslenkung der Taststifthalterung 91 aus der in den Figuren 5 und 6 gezeigten Ruhelage mittels einer in den Figuren ebenfalls nicht dargestellten Steuerung erfaßt werden, wie dies aus den Figuren 7 und 8 näher her-  
10 vorgeht.  
11

15 Figur 7 zeigt eine Situation, in der auf die Tastspitze 49a eine Kraft F wirkt, die in Erstreckungsrichtung des Schaftes 99 orientiert ist. Wie aus Figur 7 ersichtlich ist, führt dies zu einer Dehnung der der Taststifthalterung 91 nahen Dehnmeßstreifen 103 sowie zu einer Kompression der anderen dem Rahmen 89 nahen Streifen 101.

20 In Figur 8 ist eine Situation dargestellt, in der auf die Tastspitze 49a eine Kraft F' wirkt, die senkrecht zur Erstreckungsrichtung des Schaftes 99 gerichtet ist. Dies führt dazu, daß von den in Figur 8 gezeigten rahmennahen Streifen 101 und taststifthalterungsnahen Streifen 103 jeweils einer komprimiert und einer gedeckt wird, wobei von den Dehnmeßstreifen 101, 103 eines jeden Haltestreifens 93 jeweils einer komprimiert und der andere gedeckt wird.  
25

30 Durch Auslese der von den Dehnmeßstreifen 101, 103 bereitgestellten Meßsignale und Auswertung derselben ist die auf die Tastspitze 49a einwirkende Kraft sowohl hinsichtlich ihres Betrages als auch ihrer Richtung ableitbar.

35 Der Sensor hat somit zum einen die Funktion, den Taststift 47a gegenüber dem Chassis verlagerbar zu halten, und zum anderen hat er die Funktion, die Auslenkung der Taststifthal-

terung 91 bezüglich des Chassis zu messen. Hierzu sind die Sensorkomponenten 91 und 89 über die Haltestreifen 93 elastisch miteinander verbunden. Die Komponente 91 dient als unmittelbare Halterung für den Taststift, und der Rahmen 89 5 ist mit dem übrigen Chassis 27a des Tastkopfes 9a fest verbunden und kann hinsichtlich seiner mechanischen Funktion dem Chassis 27a zugerechnet werden. Die Streifen 93 bilden zusammen einen Querträger, der die Taststifthalterung 91 und das Chassis 27a bzw. den Rahmen 89 miteinander verbindet und sich 10 quer zur Erstreckungsrichtung des Schaftes 99 erstreckt. Der somit gebildete Querträger weist mehrere Ausnehmungen 95 auf, so daß er bereichsweise lichtdurchlässig ausgestaltet ist, um eine Beobachtung der Tastspitze 49a mit dem Objektiv 61a zu ermöglichen, wobei der Querträger 93 zwischen der Tastspitze 15 49a und der Eingangsseite 77 des Objekives 61a angeordnet ist.

Alternativ zu der Aufbringung von Dehnmeßstreifen auf die Streifen 93 auf deren von der Tastspitze 49a wegweisenden 20 Seite ist es auch möglich, die Dehnmeßstreifen auf die der Tastspitze 49a zuweisenden Seite anzubringen. Ebenso ist es möglich, den Dehnungssensor durch direktes Dotieren der Streifen 93 oder diesen benachbarter Bereiche des Rahmenteils 89 auszubilden. Hierbei werden geeignete Dotierstoffe in 25 einer derartigen Konzentration in das Silizium eingebracht, daß dieses einen piezoelektrischen Effekt zeigt.

Figur 9 zeigt eine Variante des in den Figuren 5 und 6 gezeigten Sensorsystems, wobei ein Siliziumkörper 87b der 30 Figur 9 sich von dem in den Figuren 5 und 6 gezeigten dadurch unterscheidet, daß hier ein Taststifthalter 91b mit acht dünnen Haltestreifen 93b an einem Rahmenteil 89b des Sensorsystems 85b gehalten ist. Zwischen einem jeden Paar von benachbarten Haltestreifen 93b ist wiederum eine Ausnehmung 35 95b vorgesehen, um den Lichtdurchtritt zur Beobachtung einer Objektebene mittels Objektiv zu ermöglichen.

5 Figuren 10 und 11 zeigen eine weitere Variante des in den Figuren 5 und 6 gezeigten Sensorsystems, wobei hier eine Auslegung der Sensoren als Meßbrücken im Detail erläutert ist. Ausnahmungen 95c in einem Siliziumchip 87c sind in Figur 10 lediglich mit gestrichelten Linien dargestellt. In einem Zentrum des Siliziumchips 87c ist eine in Figur 10 nicht dargestellte Tastspitze festgemacht.

10 15 Der Siliziumchip 87c weist an seinen Rändern verteilt sechzehn contact pads bzw. elektrische Anschlußbereiche auf. Zur Messung von Deformationen in dem Siliziumchip sind darauf vier Vollmeßbrücken 111, 112, 113 und 114 angeordnet, deren Widerstände durch lokales Dotieren des Siliziums des Siliziumchips 87c oder anderer Techniken gebildet sind, und welche durch in Figur 10 schematische Leitungsführungen mit den Anschlüssen 120 verbunden sind, wobei diese Leitungsführungen ebenfalls durch Dotieren oder andere herkömmliche Technologien realisiert sind.

20 25 Eine der Meßbrücken, nämlich die Meßbrücke 113 ist in Figur 11 im Detail dargestellt. Diese dient zur Gewinnung eines mit "-Y" bezeichneten Signals. Sie umfaßt vier Widerstände  $R_{-Y1}$ ,  $R_{-Y2}$ ,  $R_{-Y3}$  und  $R_{-Y4}$ , wobei zwischen den Widerständen  $R_{-Y2}$  und  $R_{-Y3}$  ein Masseanschluß vorgesehen ist, ein Anschluß für eine Betriebsspannung  $U_B$  zwischen den Widerständen  $R_{-Y1}$  und  $R_{-Y4}$  vorgesehen ist und ein Meßsignal  $U_{-Y}$  zwischen den Widerständen  $R_{-Y1}$  und  $R_{-Y2}$  einerseits und  $R_{-Y3}$  und  $R_{-Y4}$  andererseits abgegriffen wird.

30 Die anderen Meßbrücken 112, 111 und 114 sind entsprechend für den Abgriff von Signalen "+X", "+Y" und "-X" vorgesehen und liefern entsprechende Spannungssignale  $U_{+X}$ ,  $U_{+Y}$  und  $U_{-X}$ .

Aus den von den Meßbrücken 111, 112, 113 und 114 abgegriffenen Signalen  $U_{+Y}$ ,  $U_{+X}$ ,  $U_{-Y}$  und  $U_{-X}$  werden die Größen  $Y_S$ ,  $X_S$  und  $Z_S$  nach folgender Formel errechnet:

5

$$Y_S = U_{+Y} - U_{-Y}$$

$$X_S = U_{+X} - U_{-X}$$

$$Z_S = U_{+X} + U_{-X} + U_{+Y} + U_{-Y}$$

10

Die Signale  $Y_S$ ,  $X_S$  und  $Z_S$  repräsentieren Auslenkungen der Tastspitze in die Richtungen y, x bzw. z.

Bei den vorangehend beschriebenen Ausführungsformen ist das Auslenkungsmeßsystem dazu in der Lage, die Größe der Auslenkung der Taststifthalterung aus ihrer Ruhelage zu bestimmen. Hierdurch ist es insbesondere möglich, die Tastspitze mit einer vorgegebenen Andruckkraft entlang einer Werkstückoberfläche zu steuern. Es ist jedoch ebenfalls vorgesehen, als Auslenkungsmeßsystem ein schaltendes Meßsystem einzusetzen, welches lediglich zwischen einem Zustand, der eine Berührung der Werkstückoberfläche anzeigt, und einem anderen Zustand, der Nichtberührung der Werkstückoberfläche anzeigt, umschaltet.

25

Es ist ebenfalls möglich das Meßsystem derart auszulegen, daß der Taststift um eine Ruhelage oszillierend gehalten wird, wobei ein Schwingkreis eine solche Oszillation während des Meßbetriebes aufrecht erhält. Eine Annäherung der Tastspitze an die Werkstückoberfläche oder eine Berührung der Werkstückoberfläche durch die Tastspitze führt zu einer Bedämpfung und gegebenenfalls Frequenzverschiebung der Oszillation, welche ebenfalls erfaßt werden kann.

35

In den vorangehenden Ausführungsbeispielen erstreckt sich der Taststift jeweils im wesentlichen auf der optischen Achse der

Beobachtungsoptik. Es ist jedoch ebenfalls möglich, die optische Achse der Beobachtungsoptik versetzt zur Erstreckungsrichtung des Taststiftes anzuordnen oder einen geknickten oder gebogenen Taststift mit zwei oder mehreren Erstreckungsrichtungen zu verwenden. Wesentlich für die Erfindung ist hierbei, daß die Beobachtungsoptik die Taststiftspitze durch eine halternde Struktur für den Taststift "hindurch" beobachtet.

**Patentansprüche**

1. Tastkopf für ein Koordinatenmeßgerät (1), umfassend:
  - 5 ein an dem Koordinatenmeßgerät (1) anbringbares Tastkopfchassis (29),  
10 eine an dem Tastkopfchassis (29) aus einer Ruhelage auslenkbar gehaltete Taststifthalterung (39; 91), an der ein Taststift (47) zur Antastung eines Werkstücks (17) anbringbar ist,  
15 ein Auslenkungsmeßsystem (55, 57; 101, 103) zur Erfassung einer Auslenkung der Taststifthalterung (39; 91) bezüglich des Tastkopfchassis (29), und  
20 eine von dem Auslenkungsmeßsystem (55, 57; 101, 103) separate Beobachtungsoptik (61) zur Beobachtung einer Spitze (49) des Taststiftes (47) oder/und einer Umgebung derselben,  
25 dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens eine der Komponenten Taststifthalterung (39; 91) und Tastkopfchassis (29) einen sich quer zur Erstreckungsrichtung des Taststiftes (47) erstreckenden Querträger (39; 93) aufweist, welcher wenigstens bereichsweise lichtdurchlässig ist und im Strahlengang (69) der Beobachtungsoptik (61) angeordnet ist.
- 30 2. Tastkopf nach Anspruch 1, wobei der Taststift (47) an der Taststifthalterung (39; 91) angebracht ist und eine Objektebene (83) der Beobachtungsoptik in einem Bereich der Spitze (49) des Taststiftes (47) angeordnet ist.
- 35 3. Tastkopf nach Anspruch 2, wobei ein erster Abstand D1 zwischen dem Querträger (39; 93) und der Objektebene

(83) und ein zweiter Abstand D2 zwischen dem Querträger (39; 93) und der Spitze (49) des Tastsiftes (47) folgende Relation erfüllen:  $0,5 < |D1/D2| < 2,0$ , vorzugsweise  $0,75 < |D1/D2| < 1,4$  und weiter bevorzugt  $0,85 < |D1/D2| < 1,2$ .

5 4. Tastkopf nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei der Querträger (39; 93) zwischen einer Objektivlinse (71; 77) der Beobachtungsoptik (61) und einer Spitze (49) des Taststiftes (47) angeordnet ist.

10 5. Tastkopf nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei der Querträger (39) aus einem durchsichtigen Material, insbesondere aus Glas, gefertigt ist.

15 6. Tastkopf nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei der Querträger (93) wenigstens eine Ausnehmung (95) für den Lichtdurchtritt zur Beobachtungsoptik (61a) aufweist, wobei insbesondere mehrere in Umfangsrichtung um eine Längsachse (62a) des Taststiftes (47a) verteilt angeordnete Ausnehmungen (95a) vorgesehen sind.

20 7. Tastkopf nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die Taststifthalterung (45; 91) oder/und ein Verbindungs- bereich (39; 93) zwischen Taststifthalterung (45; 91) und Tastkopfchassis (47), innerhalb des Strahlengangs (69) der Beobachtungsoptik (61) angeordnet ist.

25 8. Tastkopf nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei sich der Taststift (47) im wesentlichen entlang einer Haupt- achse (62) der Beobachtungsoptik (61) erstreckt.

30 9. Tastkopf nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei der Querträger (91) elastisch deformierbar ist und das Tastkopfchassis (89) und die Taststifthalterung (91) elasti- sch miteinander verbindet.

10. Tastkopf nach Anspruch 9, wobei das Tastkopfchassis (89) und die Taststifthalterung (91) integral aus einem Materialblock (87), insbesondere aus einem Einkristall, gefertigt sind.
11. Tastkopf nach Anspruch 9 oder 10, wobei das Auslenkungsmeßsystem (101, 103) eine elastische Deformation des Querträgers (93) erfaßt, um die Auslenkung der Taststifthalterung (91) bezüglich des Tastkopfchassis (89) zu bestimmen.
12. Tastkopf nach Anspruch 11, wobei das Auslenkungsmeßsystem wenigstens einen Dehnungssensor, insbesondere einen Dehnungssensor aus einem piezoelektrischen Material oder/und einen Dehnmeßstreifen (101, 103), umfaßt, um die elastische Deformation des Querträgers (91) zu erfassen.
- 20 13. Koordinatenmeßgerät mit einer Werkstückhalterung (15) und einem bezüglich der Werkstückhalterung (15) räumlich verfahrbaren Tastkopf (9) nach einem der Ansprüche 1 bis 12 zum Antasten eines an der Werkstückhalterung (15) anbringbaren Werkstücks (17).
- 25 14. Vefahren zum Antasten eines Werkstückes (17), umfassend:  
ein Koordinatenmeßgerät (1) nach Anspruch 11 mit an dessen Taststifthalterung (39, 91) angebrachtem Taststift (47) bereitzustellen,  
den Tastkopf (9) relativ zu dem Werkstück (17) räumlich insbesondere schrittweise zu verfahren, um die Spitze (49) des Taststifts (47) an einer gewünschten Stelle in Kontakt mit dem Werkstück (17) zu bringen,

.. eine Benutzerbeobachtung der Lage der Spitze (49) des Taststiftes (17) bezüglich des Werkstückes mittels der Beobachtungsoptik (21, 61) während des Verfahrens zu ermöglichen,

5

einen Verfahrweg des Tastkopfes (9) relativ zu dem Werkstück (17) in Abhängigkeit von wenigstens einer Benutzereingabe zu ändern.

10

### Zusammenfassung

Es wird ein Tastkopf 9 für ein Koordinatenmeßgerät vorgeschlagen, umfassend, ein an dem Koordinatenmeßgerät anbringbares Tastkopfchassis 29, eine an dem Tastkopfchassis 29 aus einer Ruhelage auslenkbar gehaltete Taststifthalterung 39, an der ein Taststift 47 zur Antastung eines Werkstücks 17 anbringbar ist, ein Auslenkungsmeßsystem 55, 57 zur Erfassung einer Auslenkung der Taststifthalterung 39 bezüglich des Tastkopfchassis 29 und eine Beobachtungsoptik 61 zur Beobachtung einer Spitze 49 des Taststiftes 47.

Der Tastkopf 1 zeichnet sich dadurch aus, daß wenigstens eine der Komponenten Taststifthalterung 39 und Tastkopfchassis 29 einen sich quer zur Erstreckungsrichtung des Taststiftes 47 erstreckenden Querträger 39 aufweist, welcher wenigstens bereichsweise lichtdurchlässig ist und im Strahlengang 69 der Beobachtungsoptik 61 angeordnet ist.

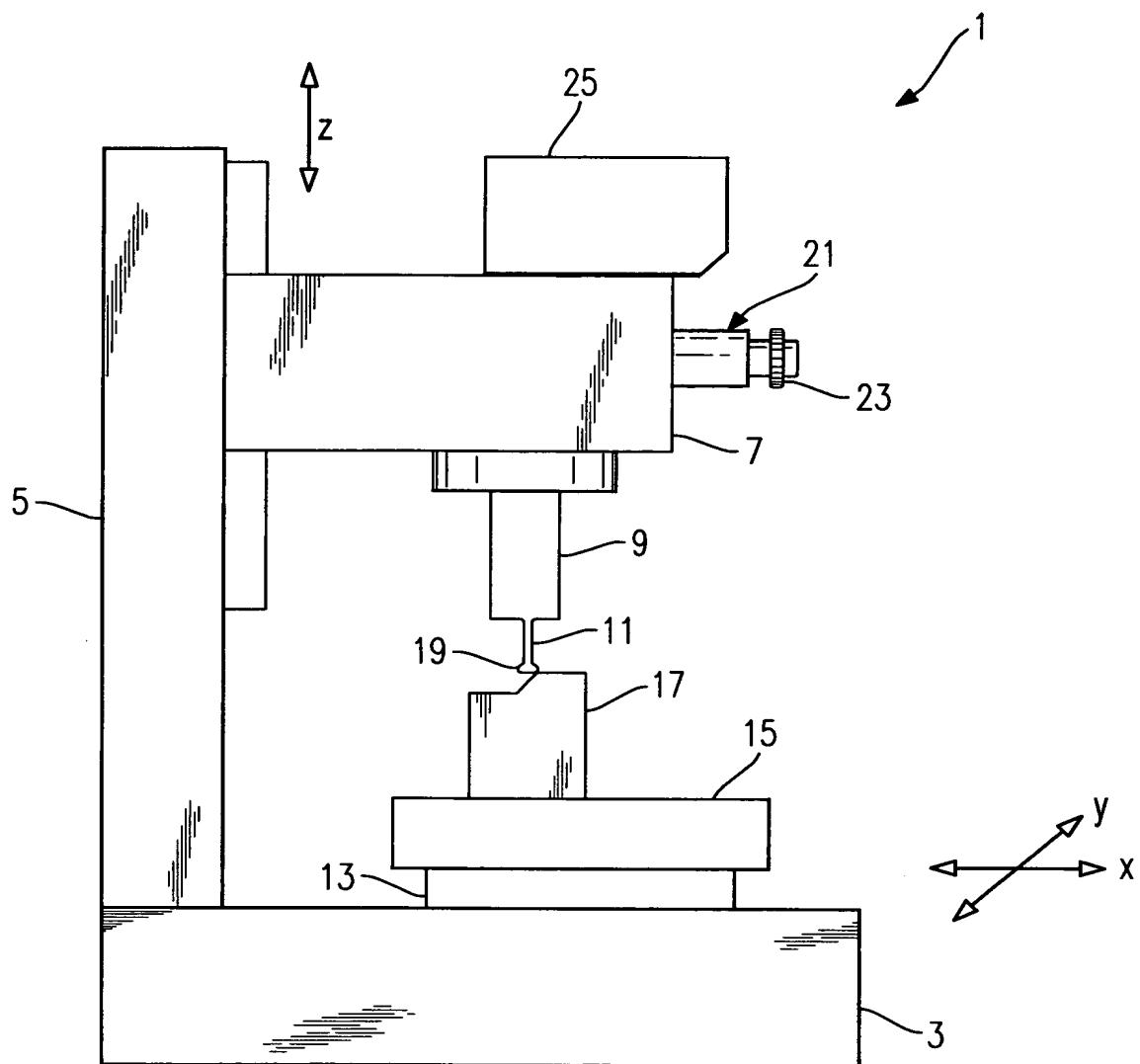


Fig. 1

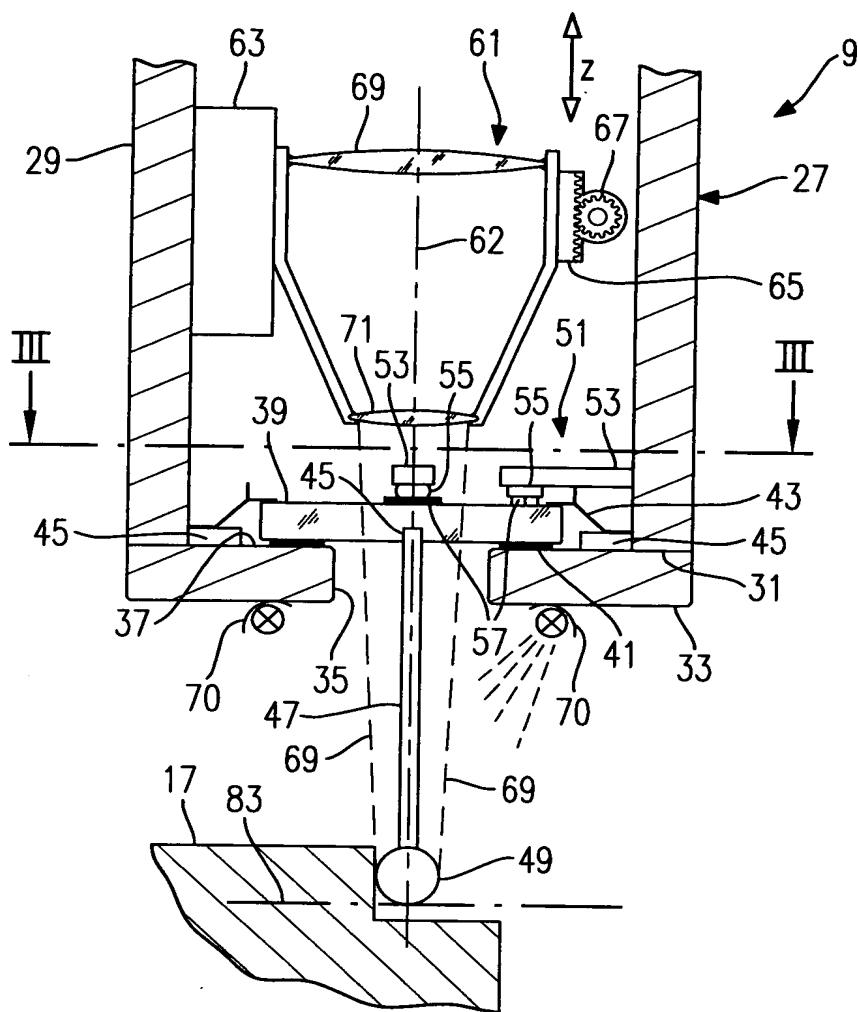


Fig. 2

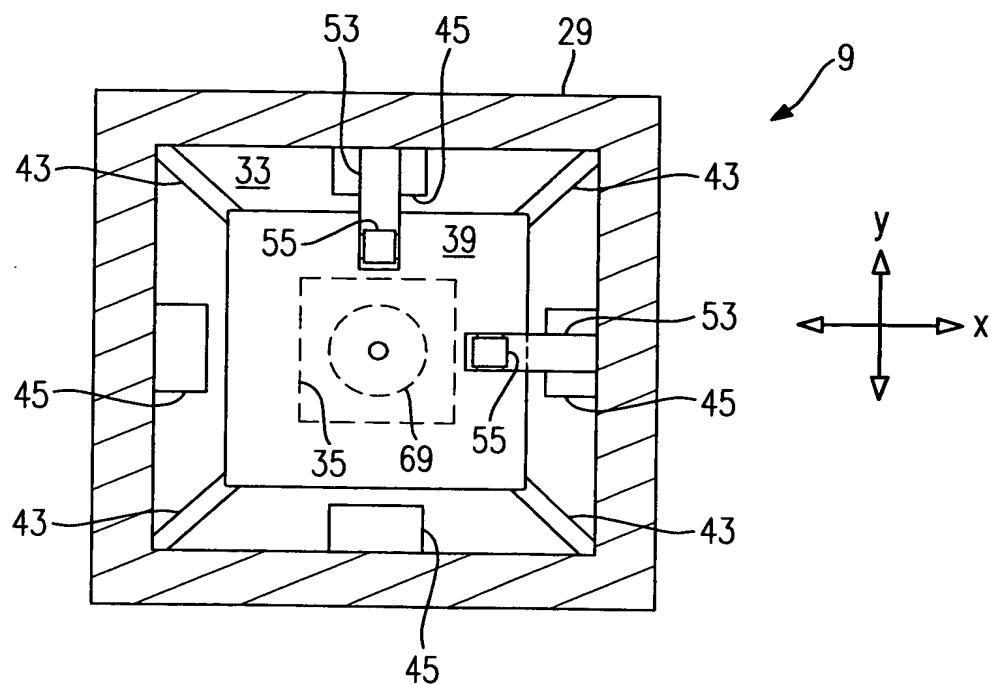


Fig. 3

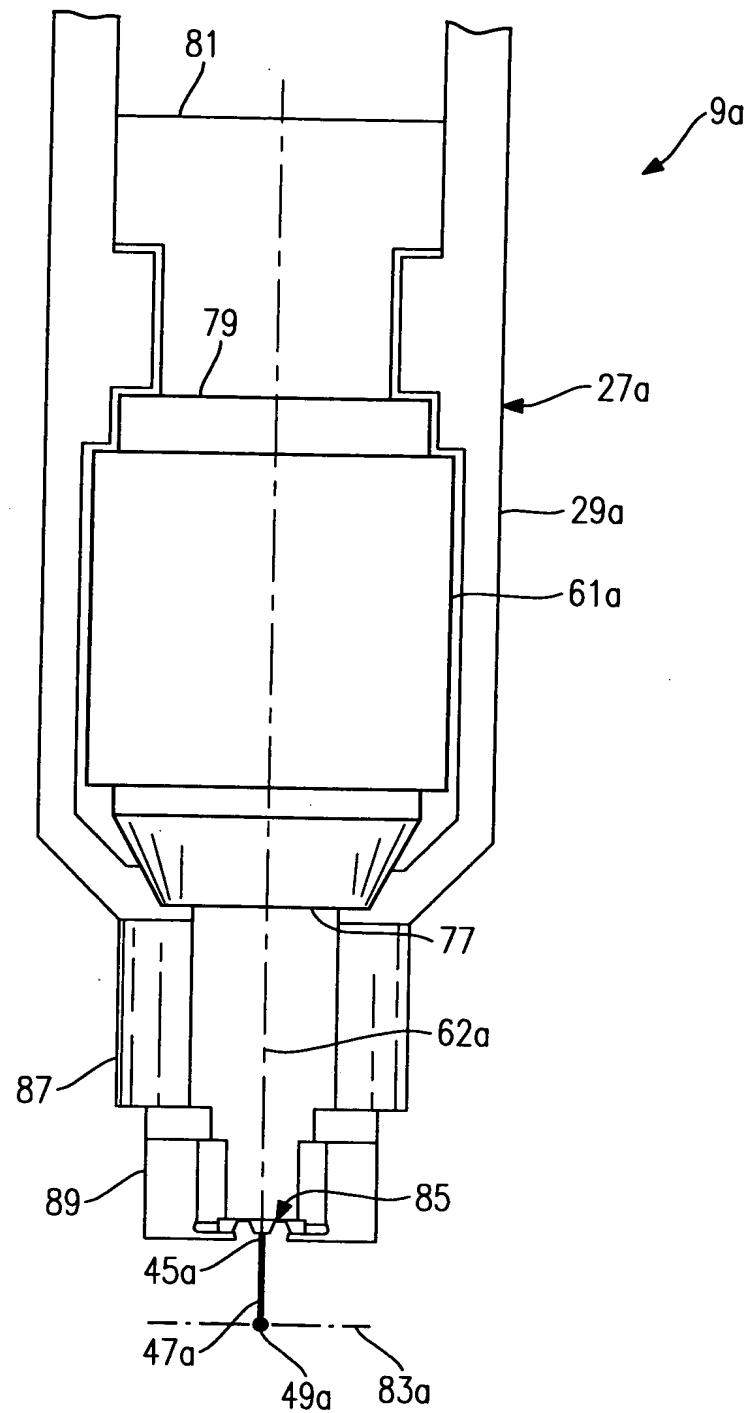


Fig. 4

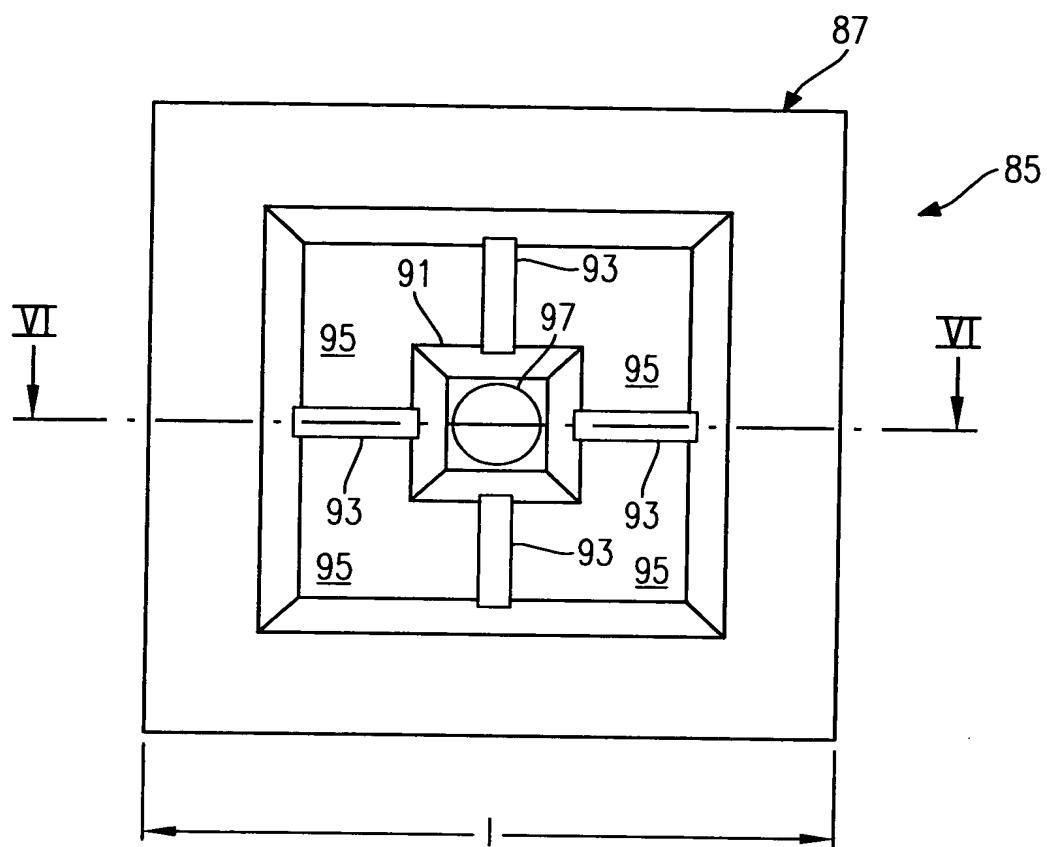


Fig. 5

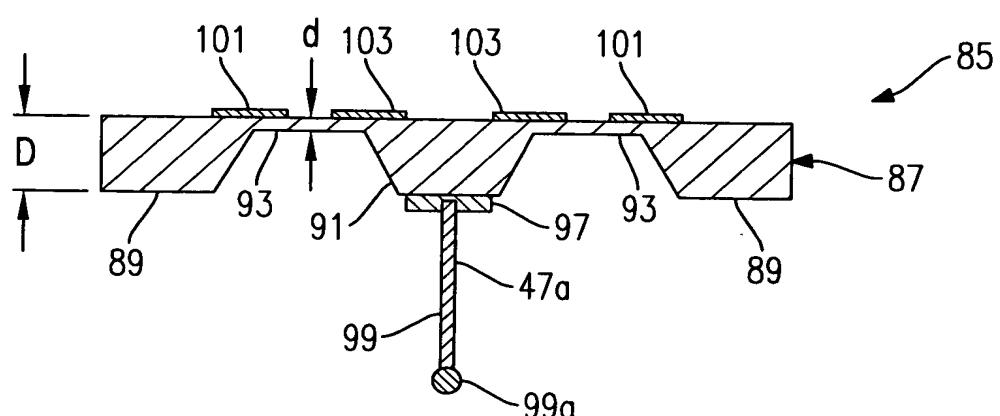


Fig. 6

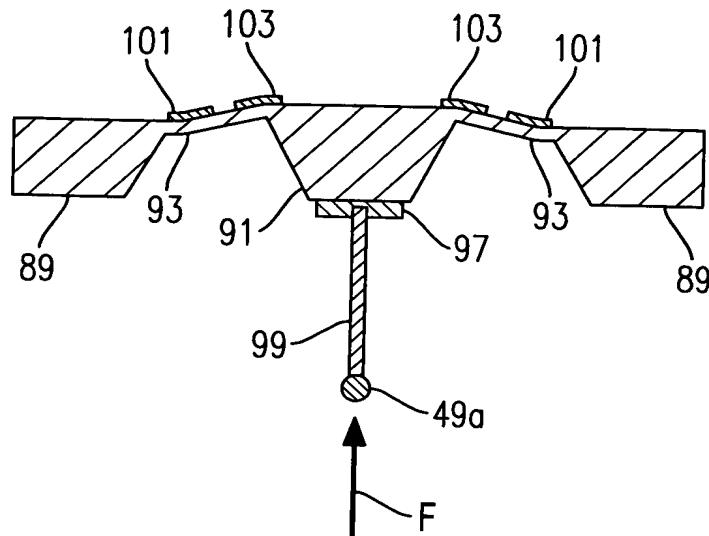


Fig. 7

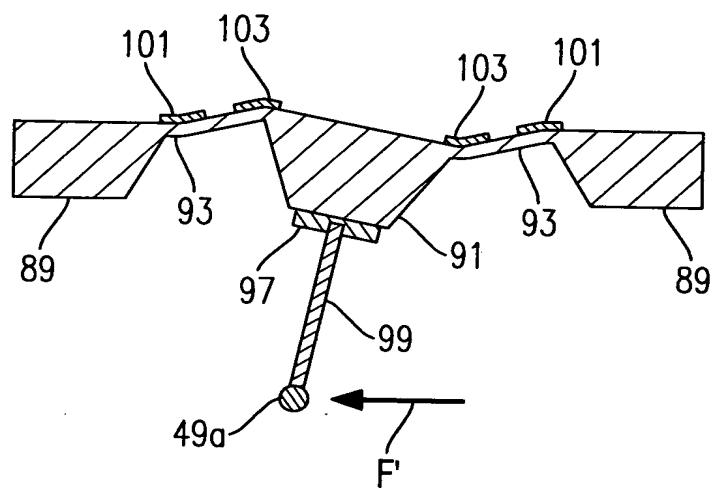


Fig. 8

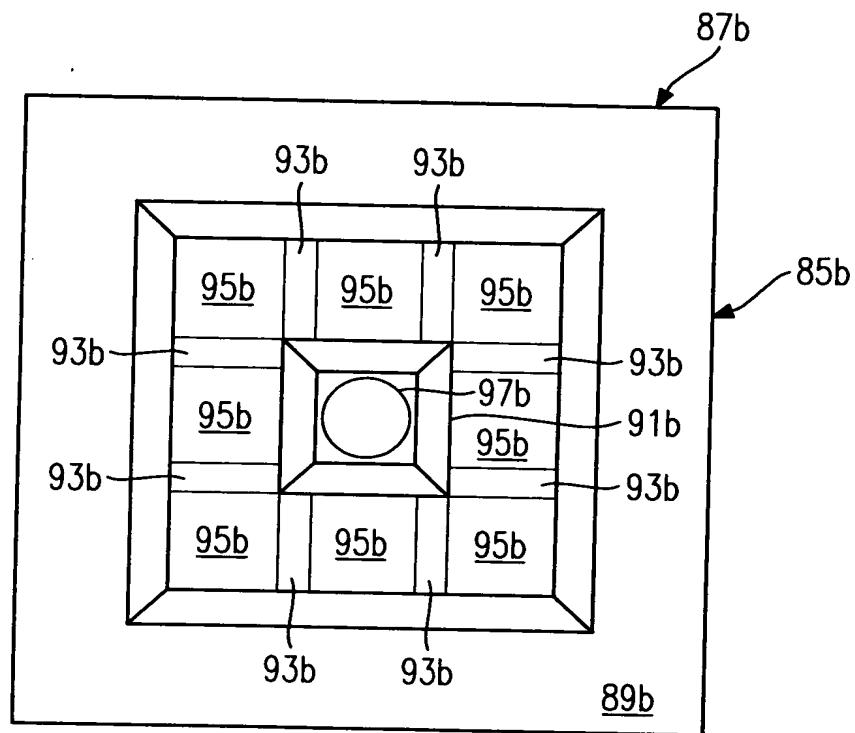


Fig. 9

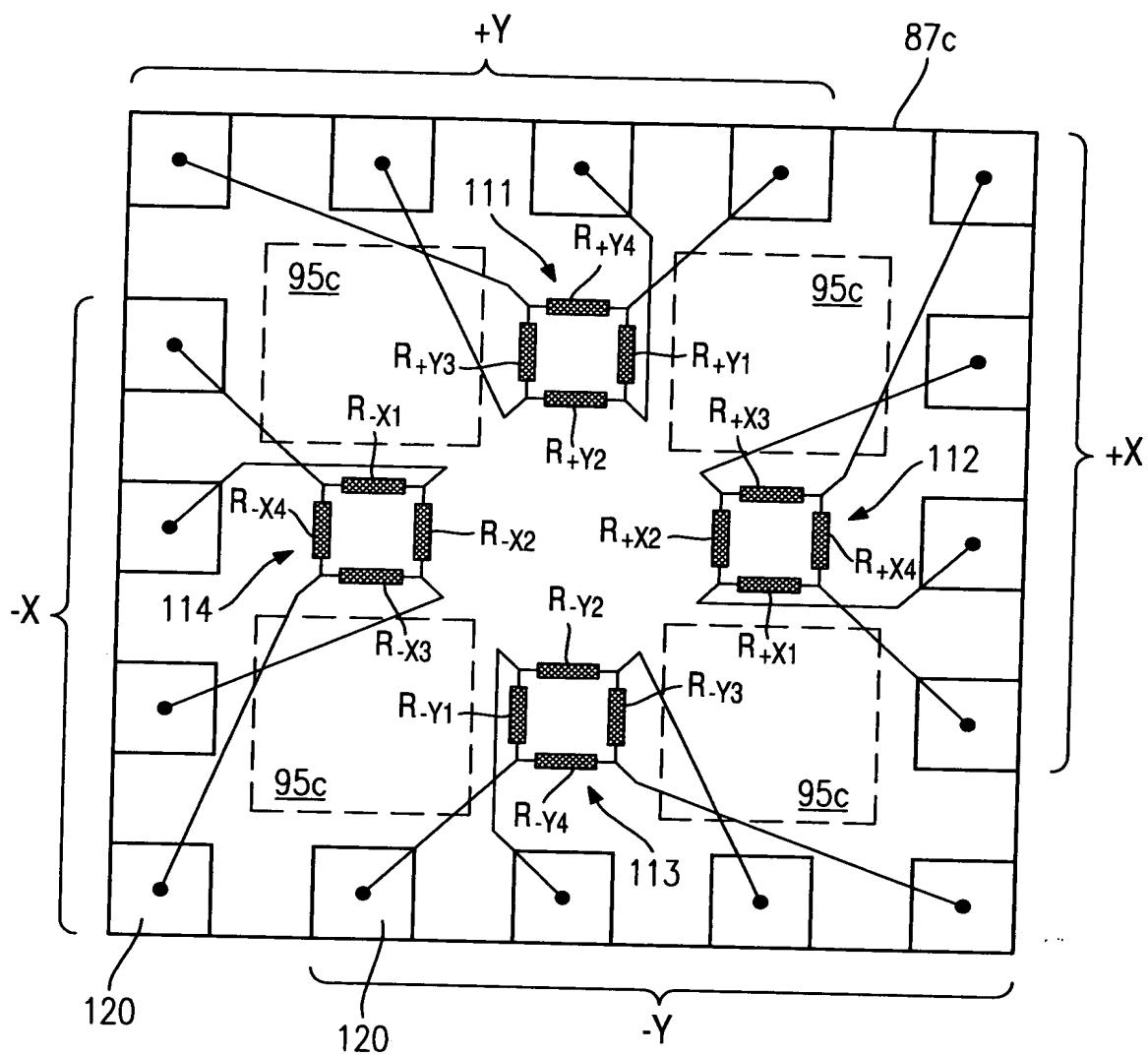


Fig. 10

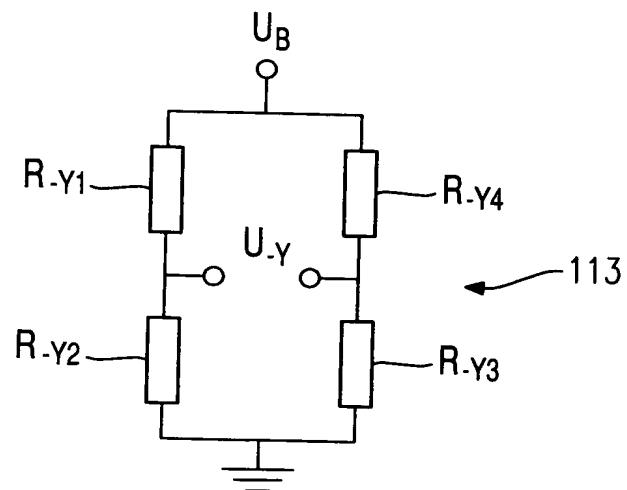


Fig. 11

EPO - Munich  
20  
23. Sep. 2003

**DIEHL · GLAESER  
HILTL & PARTNER**  
GESELLSCHAFT BÜRGERLICHEN RECHTS

Patentanwälte · Augustenstrasse 46 · D - 80333 München  
Europäisches Patentamt  
80298 München

Dr. Hermann O. Th. Diehl · Diplom-Physiker  
Joachim W. Glaeser · Diplom-Ingenieur\*  
Dr. Elmar Hiltl · Diplom-Chemiker  
Dr. Frank Schorr · Diplom-Physiker  
Dr. Christian Huber · Diplom-Chemiker  
Dr. Klaus Hinkelmann · Diplom-Chemiker  
In Kooperation mit Diehl & Partner AG  
CH - 7513 Silvaplana · Schweiz

Patentanwälte · European Patent Attorneys  
München · Hamburg\*

23. September 2003

Vorgang : Internationale Patentanmeldung PCT/EP02/01958  
Anmelderin : Carl Zeiss et al.  
Unser Zeichen: Z8549-PCT rs/oc

02722132.4

**Antrag auf Ausstellung einer beglaubigten Kopie  
einer internationalen Anmeldung und Bescheinigung  
des Anmeldezeitpunkts (Prioritätsbeleg)  
nach Regel 20.9 PCT**

Hiermit wird höflichst um Ausstellung einer beglaubigten Abschrift  
(Prioritätsbeleg) der obig bezeichneten internationalen Patentan-  
meldung mit Aktenzeichen PCT/EP02/01958 und internationalem  
Anmeldetag 25. Februar 2003 gebeten.

Es wird des weiteren gebeten, die anfallenden Gebühren dem  
Unterfertigten in Rechnung zu stellen.



Dr. Frank Schorr  
Europäischer Patentvertreter  
Nr. 23